



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 44 14 134 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 01 M 10/44  
H 01 M 10/08  
H 02 J 7/00

②1 Aktenzeichen: P 44 14 134.3  
②2 Anmeldetag: 22. 4. 94  
④3 Offenlegungstag: 10. 11. 94

D2

DE 44 14 134 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
03.05.93 CH 01347/93

⑦1 Anmelder:  
Dial Engineering AG, Hori, CH

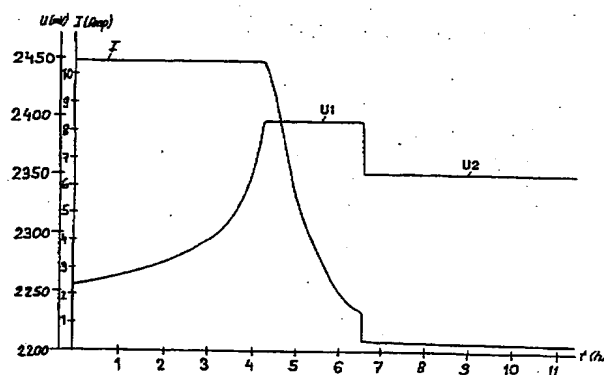
⑦4 Vertreter:  
Sparing, K., Dipl.-Ing.; Röhl, W., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Henseler, D., Dipl.-Min. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 40237 Düsseldorf

⑦2 Erfinder:  
Kammer, Peter, Bachenbülach, CH; Miltenberger,  
Gerhard, 63694 Limeshain, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Laden von verschlossenen Bleibatterien

⑤7 Das Verfahren eignet sich zum Laden von verschlossenen Bleibatterien. Für die Ladung der Bleibatterien wird eine durch einen Gleichrichter erzeugte, temporär weitgehend konstante Gleichspannung verwendet. Die Ladung erfolgt vorzugsweise mit einer dreistufigen  $IU_1$ - $U_2$ -Ladekennlinie. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, die Temperatur bei Voll-Ladung etwa 20% niedriger zu halten als bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik. Gleichzeitig ist der zur Voll-Ladung benötigte Ladefaktor 1,03 bis 1,04 besser, die Ladezeit bis zu 25% kürzer und die Gasverluste um den Faktor 2 niedriger.



DE 44 14 134 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 94 408 045/614

7/37

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Laden von verschlossenen Bleibatterien gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Ladung von Bleibatterien erfolgt in der Regel mit aus dem öffentlichen Stromnetz durch einen Gleichrichter erzeugten Gleichspannungen entsprechenden Potentials. Durch eine dem Batterietyp angepaßte Ladecharakteristik (Ladekennlinie) wird versucht, in möglichst geringer Zeit die Batterie auf den Volladezustand zu bringen, ohne daß hierbei lebensdauerverkürzende Nebeneffekte, z. B. Nebenreaktionen, Wasserverluste, Erwärmung, Morphologieveränderungen der aktiven Massen u. a. entstehen.

Bei dem Ladevorgang, welcher — bedingt durch eine chemische Reaktion und durch die ohmschen Leistungsverluste — exotherm verläuft, resultiert eine Erwärmung der Batterie, die den Ladewirkungsgrad verschlechtert, die Gasung erhöht und die Batterielebensdauer reduziert.

Es ist somit ein wichtiges Ziel, die Erwärmung der Batterie während des Ladevorgangs nicht noch zusätzlich zu erhöhen, was z. B. durch hohe Anfangsladestromstärken, zu hohe Ladespannungen und insbesondere einer zu hohen Wechselstromüberlagerung gefördert wird. Die Erwärmung durch Wechselstrom ist proportional der aufgenommenen Wechselstromleistung gemäß der Formel

$$Q = R_{\text{ac}} \cdot \text{Zeit} \cdot I_{\text{eff}}^2$$

Eine zu hohe Wechselstromüberlagerung kann zusätzlich zu Eigenschaftsänderungen der aktiven Massen führen, z. B. Verhärtung, Inaktivierung, Deckschichtenbildung, welche die Leistungsfähigkeit der Batterie verringern. Bei Wechselstromüberlagerung geringer Frequenz (16 2/3 Hz Bahnstrom) wurden teilweise starke Lebensdauer verringern an Batterien beobachtet, wenn diese im Zyklusbetrieb in Phasen relativ niedrigen Ladezustandes kommen. Hier wurden starke Korrosionserscheinungen an den Gittern gefunden, wenn gleichzeitig Wechselstromüberlagerungen vorlagen.

Für die Ladung verschlossener Bleibatterien unter Berücksichtigung kurzer Ladezeiten ist üblicherweise eine IU-Kennlinie gebräuchlich, bei welcher in der ersten I-Phase mit einem relativ hohen Strom bei steigender Spannung geladen wird, die dann in der zweiten U-Phase in eine Konstantspannungsphase übergeht. Die Höhe des Ladestromes in der I-Phase ist etwas von den Batteriebaureihen abhängig und hängt vor allem von der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Ladegerätes ab (Ladegerätkosten), und liegt im Bereich von 0,5- bis 1,5mal dem fünfständigen Entladestrom 15 der zu ladenden Batterie.

Die Konstantspannung liegt, auch von der Batterietype abhängig, im Bereich von 2,25 bis 2,45 V pro Zelle und stellt einen Kompromiß zwischen zu hoher Wasserzersetzung und zu langer notwendiger Ladezeit dar. Diese Grundkennlinie wird nun von verschiedenen Herstellern modifiziert, indem z. B. eine zweite I-Phase an die U-Phase angehängt wird (beispielsweise wie in der DE-Cl 38.13.823 offenbart) oder indem eine zweite U-Phase realisiert wird (IUoU-Ladekennlinie). Oftmals sind auch die Konstantspannungen temperaturkompensiert oder es werden besondere Zeitverhältnisse realisiert, die z. B. eine Nachladephase von der IU-Zeit abhängig machen und ähnliches. Üblicherweise wird nicht

besonders auf die Welligkeit des Ladestromes eingegangen, sondern es wird unterstellt, daß die zulässigen Wechselstromüberlagerungen entsprechend den DIN- und VDE-Richtlinien den Batterien nicht schaden.

So wird die Erwärmung durch überlagerten Wechselstrom insbesondere bei Batterien für Traktionsanwendungen hingenommen, obwohl der starke Einfluß der Batterietemperatur auf die Batterielebensdauer bekannt ist.

Der Einfluß der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeiten ist im Bereich der Zimmertemperaturen beträchtlich. Eine Erhöhung der Temperatur um 10°C steigert die Reaktionsgeschwindigkeit auf das 2- bis 4fache. Diese von van't Hoff erstmals erkannte Gesetzmäßigkeit trifft auch auf Korrosionsreaktionen und auch auf die Wasserzersetzungreaktion zu (mit zunehmender Temperatur wird die Wasserzersetzungreaktion bevorzugt), was sich im Ergebnis durch einen Rückgang der Batterielebensdauer zeigt.

Eine Erwärmung der Batterie über ihre optimale Gebrauchstemperatur ist somit immer schädlich, so daß auch in der Praxis oftmals zum Beispiel eine Kühlung von Bleibatterien realisiert wird.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem eine schonende und dennoch effektive Ladung der Batterie erfolgt und welches durch geeignete Auslegung des Ladegerätes mit nur sehr geringen Wechselspannungsüberlagerungen in Kombination mit einer für verschlossene Batterien angepaßten IU<sub>1</sub>U<sub>2</sub>-Ladekennlinie arbeitet.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe mit einem Verfahren, welches die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß dank dem erfindungsgemäßen Verfahren

- die Temperatur bei Voll-Ladung etwa 20% niedriger als bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik liegt;
- der zur Voll-Ladung benötigte Ladefaktor bei 1,03 bis 1,04 besser liegt als beim Stand der Technik;
- die Ladezeit bis zu 25% kürzer liegt;
- die Gasverluste um den Faktor 2 niedriger liegen.

Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine typische erfindungsgemäße IU<sub>1</sub>U<sub>2</sub>-Ladekennlinie.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, welche nachstehend beispielhaft näher beschrieben wird, erfolgt die Ladung dreistufig.

## Beispiel

1. Die erste Ladestufe wird als 1-Konstant-Phase durchgeführt bei welcher ein im wesentlichen konstanter Strom, der beispielsweise dem 0,7fachen des 5ständigen Entladestromes I<sub>5</sub> der zu ladenden Batterie entspricht, bis zu einer Ladespannung im Bereich von 2,3 bis 2,5 V pro Zelle geladen wird. Diese

Konstantstromphase ermöglicht eine Ladung der Batterie, unabhängig vom vorhergehenden batteriezulässigen Ladezustand bis zu einem Ladezustand von ca. 70 bis 90%.

2. Wird die vorgegebene Entspannung in der I-Phase erreicht, wird automatisch auf eine Konstantspannungsphase mit 2,25 bis 2,45 V pro Zelle zurückgeschaltet. Jetzt fällt der Ladestrom mit zunehmendem Ladezustand der Batterie asymptotisch ab, da sich der Ladeinnenwiderstand der Batterie immer mehr erhöht. In dieser Ladephase wird ein Ladezustand von praktisch 100% erreicht.

3. Erreicht die Ladestromstärke einen vorgegebenen Minimalwert, so wird die Konstantspannung auf einen geringeren Wert reduziert und so die zweite Konstantspannungsphase begonnen. Hier wird mit einer Spannung von 2,23 bis 2,3 V pro Zelle kontinuierlich weitergeladen, bis das Ladegerät von der Batterie getrennt wird oder durch Netzausfall die Ladespannung fehlt.

Alle drei Ladephasen werden bevorzugt mit einem Ladestrom durchgeführt, dessen Wechselstromüberlagerung weit unter den heute gebräuchlichen Werten liegt. Nach dem Stand der Technik sind gemäß DIN 41 773 Wechselstromüberlagerungen bis zu 1,5mal dem 5stündigen Batteriestrom  $I_5$  zulässig, wobei in der Praxis oft Wechselströme von bis zum zweifachen von  $I_5$  erreicht werden.

Für das erfindungsgemäße Verfahren werden vorzugsweise Ladegeräte eingesetzt, welche nur überlagerte Wechselströme von kleiner als 0,05 mal dem 5-stündigen Entladestrom  $I_5$  der zu ladenden Batterie erzeugt und dies zweckmäßigerweise mit einer Frequenz von einigen 10 kHz.

Durch den Einsatz eines Sekundär-Schaltreglers wird die gleichgerichtete Spannung mit einer Schaltfrequenz von ca. 30 kHz verlustarm getaktet und durch eine L/C-Kombination im Ausgang gesiebt. Die Regelung erfolgt durch Pulsbreiten-Modulation. Veränderungen im Netzspannungs- und Ausgangsstrombereich werden durch Variationen der Impulsbreiten ausgeregelt. In Verbindung mit den heute zur Verfügung stehenden integrierten Reglern wird eine sehr stabile Ausgangsspannung erreicht.

Durch den Einsatz eines Primär-Schaltreglers wird die Netzspannung gleichgerichtet, mit einer Schaltfrequenz von ca. 50 kHz getaktet und anschließend über einen der Schaltfrequenz entsprechenden, kleinen HF-Transformator auf die notwendige Sekundärspannung herabtransformiert. Auf der vom Netz galvanisch getrennten Sekundärseite erfolgt die übliche Gleichrichtung und Siebung durch eine L/C-Kombination. Die Regelung geschieht durch Pulsbreitenmodulation, d. h. Veränderungen der Netzspannung und im Ausgangsstrombereich werden durch die Breite der Schaltimpulse auf der Primärseite ausgeglichen und damit eine konstante Spannung im Ausgang erzeugt.

Durch den Einsatz von Primär- und Sekundär-Schaltreglern im Frequenzbereich von einigen 10 kHz wird somit durch die angewandte erfindungsgemäße Technik und durch die relativ wirkungsvolle Siebung nur eine sehr geringe Wechselspannung auf die Ladespannung überlagert.

Durch diese geringere Wechselstromüberlagerung mit zusätzlich relativ hoher Frequenz werden die Temperaturerhöhungen während der Ladung weit geringer als bei üblichen 100 Hz-Überlagerungen. Die resultie-

rende Wärmeentwicklung ist auch deshalb so gering, weil die durch den frequenzabhängigen kleinen Wechselstrominnenwiderstand die überlagerte Wechselspannung sehr klein wird und somit der wärmeerzeugende Wechselstrom ebenfalls sehr klein bleibt. Die geringere Batterietemperatur führt zu einem besseren Ladewirkungsgrad und somit zu einer geringeren Ladezeit, da der Anteil der zu vermeidenden Nebenreaktionen der Wasserzersetzung mit fallender Temperatur niedriger wird.

Die weitere Verringerung der Ladespannung in der zweiten Konstantspannung-Ladungsphase führt zu einer Dauerladung ohne praktischen Wasserverlust, da bei dieser Spannung und durch die niedrige Batterietemperatur die Rekombinationsrate praktisch 100% ist.

Vergleichsmessungen mit Ladeverfahren nach dem Stand der Technik und solchen nach der Erfindung zeigten eine mindestens 20% geringere Batterieerwärmung und eine Verringerung der Gasung (bei gleicher Ladekennlinie) um mindestens den Faktor 2. Eine vergleichbare Voll-Ladung wird bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in mindestens 25% geringerer Ladezeit erreicht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden von verschlossenen Bleibatterien, dadurch gekennzeichnet, daß für die Ladung eine durch einen Gleichrichter erzeugte, temporär weitgehend konstante Gleichspannung verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die weitgehend konstante Gleichspannung kurzzeitig um höchstens 2%, vorzugsweise um höchstens 0,8% von ihrem temporären Mittelwert abweicht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die weitgehend konstante Gleichspannung dadurch realisiert wird, daß vorzugsweise durch den Einsatz eines Sekundär-Schaltreglers oder eines Primär-Schaltreglers, die auftretende Wechselstromüberlagerung des vom Gleichrichter erzeugten Ladestromes im Bereich kleiner als 0,05mal dem 5stündigen Entladestrom  $I_5$  der zu ladenden Batterie gehalten wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auftretende Wechselstromüberlagerung eine Frequenz von mindestens 10 kHz, vorzugsweise mindestens 30 kHz aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bleibatterien Bleiakkumulatoren mit thixotropem Gel als Elektrolyt oder mit vliesadsorbiertem Elektrolyt sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladung mit einer dreistufigen  $IU_1U_2$ -Ladekennlinie in der Weise erfolgt, daß in einer ersten Stufe mit im wesentlichen konstantem Strom  $I$  bis zum Erreichen einer vorgegebenen Spannung geladen wird, darauf in einer zweiten Stufe mit einer reduzierten Spannung  $U_1$  bis zu einem vorgegebenen, reduzierten Strom geladen wird, und dann in einer dritten Phase mit einer weiter reduzierten Spannung  $U_2$  bis zur Beendigung der Ladung oder bis zu einer dauernden Erhaltungsladung weiter geladen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromwert der I-Phase im Bereich des 0,5- bis 1,5fachen, vorzugs-

weise 0,6- bis 0,8fachen des 5stündigen Entladestromes der zu ladenden Batterie liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Umschaltung der I-Phase in die  $U_1$ -Phase dann erfolgt, wenn eine vorgegebene Spannung im Bereich von 2,3 bis 2,5 V pro Zelle bei konstantem Ladestrom der I-Phase erreicht wurde. 5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die  $U_1$ -Phase beendet ist, wenn der Ladestrom im Bereich von 0,007- bis 0,020mal dem 5stündigen Entladestrom 15 der zu ladenden Batterie gefallen ist, um dann in der folgenden  $U_2$ -Phase mit einer konstanten Ladespannung im Bereich von 2,23 bis 2,3 V pro Zelle weiter zu laden. 15

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladung innerhalb der  $U_2$ -Phase beendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Konstantspannungen temperaturkompensiert sind im Bereich von  $-2$  bis  $-7$  mV/Grad, ausgehend von  $30^\circ\text{C}$  Bezugstemperatur. 20

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

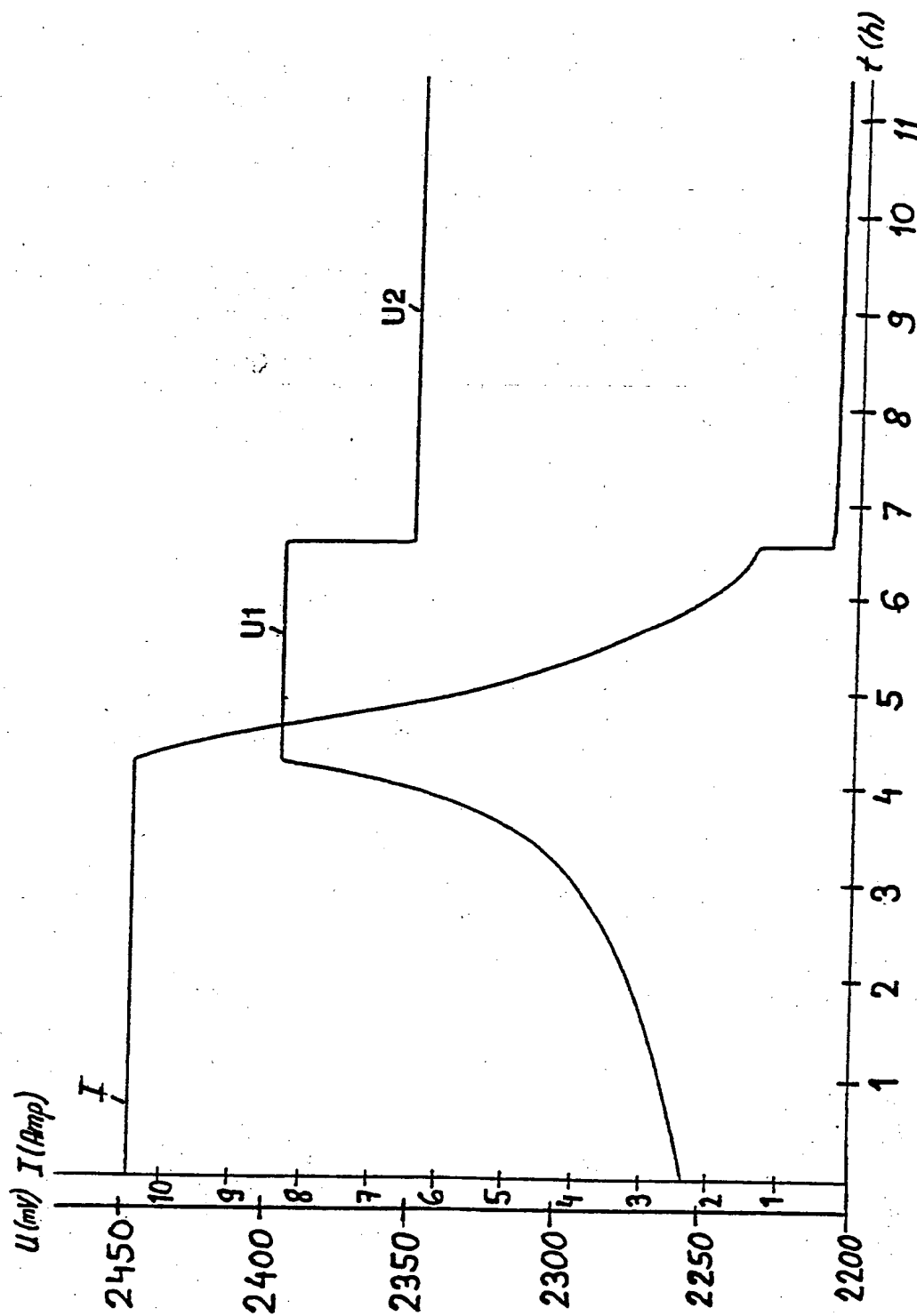


Fig. 1